

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР «ІМЕСГ» НААН**



***ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***VI Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
112-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
члена-кореспондента ВАСГНІЛ,
віце-президента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)***

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

***21-22 лютого 2019 року
м. Київ***

УДК 624.154

**АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗБІРНО-
МОНОЛІТНОГО ПЕРЕКРИТТЯ НА ПРИКЛАДІ ДВОХ
МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ**

Є. А. БАКУЛІН, кандидат технічних наук,
В. М. БАКУЛІНА, асистент

Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: bakulin959@ukr.net

В процесі зведення та експлуатації будівлі піддаються складному комплексному впливу несприятливих факторів різного походження, що діють в різний час та в різних поєднаннях. При цьому, окрім статичних навантажень на будівлю та її елементи можуть діяти і динамічні навантаження, які у ряді випадків мають переважаюче значення. Тому розрахунок таких систем є досить складною задачею. Вирішити її аналітично практично неможливо внаслідок необхідності розв'язання надзвичайно громіздких систем рівнянь при високій ймовірності виникнення помилок.

В останні роки розрахунок несучих систем будівель за допомогою спеціальних прикладних програм, що орієнтовані на різні цілі та задачі, став невід'ємною частиною комплексного процесу проектування. Сучасні прикладні програми включають розрахунковий модуль скінчено-елементного аналізу та набір програм-сателітів, що реалізують положення норм проектування, що дозволяють виконувати в автоматизованому режимі серію послідовних розрахунків до отримання необхідного кінцевого результату.

Збірно-монолітний каркас конструктивної системи «Аркас» включає залізобетонні колони, ригелі перекриттів, діафрагми жорсткості, консолі балконів та лоджій, а також інші несучі конструкції, що сприймають зовнішні впливи та розподіляють їх на суміжні елементи каркасу.

Плити по торцях з'єднані з ригелями за допомогою бетонних шпонок. Шпонки утворюються в результаті заповнення монолітним бетоном пустот, відкритих з обох торців плит, на глибину, що обмежена заздалегідь встановленими в них заглушками. Конструкція перекриття, що складається з плит пустотного настилу та монолітних ригелів, представляє собою диск, що володіє високою зсувною жорсткістю у власній площині та сприймаючий діючі на будівлю горизонтальні навантаження при вкрай малих переміщеннях в напрямку дії таких зусиль. Монолітне сполучення дисків перекриттів (ригелів)

з колонами створює рамні вузли, що забезпечують передачу згинальних моментів, крутильних моментів та поперечних сил між поєднаними конструктивними елементами каркаса.

Однією з особливостей каркасу, що розглядається, є характер роботи збірно-монолітних перекриттів при дії вертикального навантаження. На основі результатів досліджень навантаженням натурних фрагментів каркасу, а також дослідження ділянок перекриттів в будівлях, що будуються, встановлено, що на всьому діапазоні навантажень, що прикладаються, плити в межах кожної комірки працюють сумісно за рахунок передачі зусиль через замонолічені міжплитні шви. При цьому в роботі перекриття від початкового стану (тільки при дії власної ваги) до граничного навантаження можна виділити кілька стадій, на кожній з яких характер розподілу зусиль та їх значення в несучих та в'язевих ригелях помітно відрізняються.

При перевищенні рівня навантаження на перекриття, що відповідає розрахунковому значенню для I групи граничних станів, напруження в повздовжній робочій арматурі ригелів поступово наближаються до фізичної межі текучості. Одночасно починається інтенсивний процес розкриття тріщин в ригелях. На нижніх поверхнях середніх (в межах комірок) плит від торців розвиваються групи магістральних повздовжніх тріщин. Дещо пізніше починають утворюватися і поперечні тріщини, що обумовлені згином плит вздовж прогону від дії вертикального навантаження. По мірі збільшення навантаження на верхній поверхні перекриття стає візуально помітним розкриття на нижній поверхні контактних швів (рис. 1) між плитами та ригелями обох напрямків, а на нижній поверхні – між плитами та бетоном замонолічення міжплитних швів.

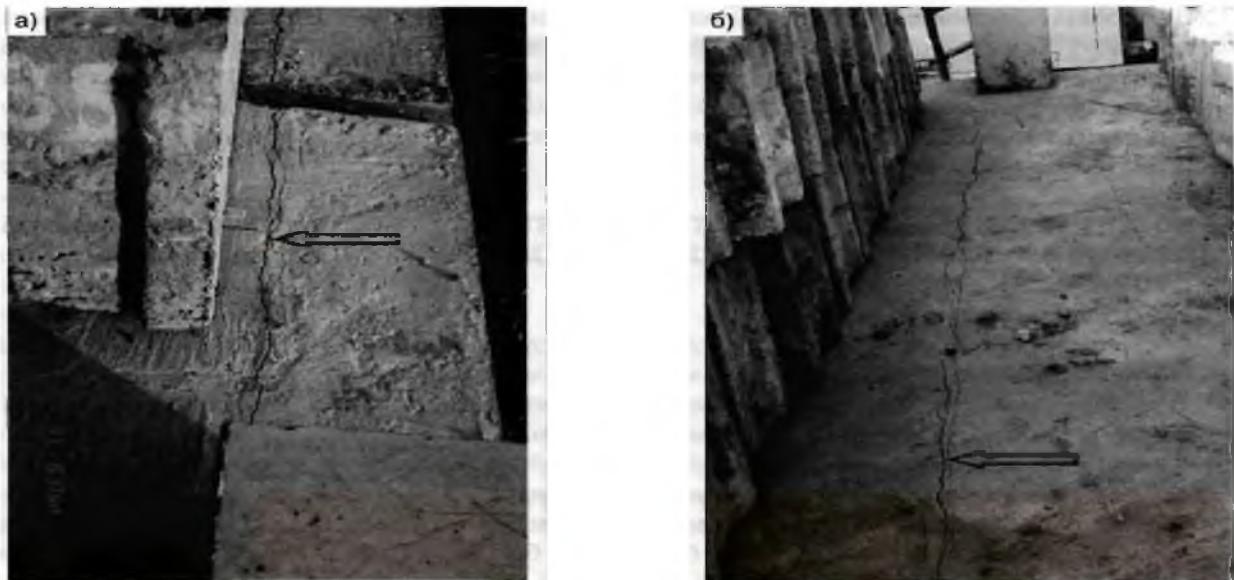


Рис. 1. Розкриття контактних швів (позначені стрілками) в процесі дослідження навантаженням збірно-монолітного перекриття в м. Черкаси: а – по контакту повздовжньої грані плити та в'язевого ригеля; б – по контакту торців плит з несучим ригелем

Аналіз першої математичної моделі напружено-деформованого стану збірно-монолітного перекриття розміром 6,0x6,0 м. Плити перекриття задавалися скінченими елементами оболонки з урахуванням приведеної жорсткості багатопустотної плити перекриття. Ригелі задавалися стержньовими скінченими елементами. Граничні умови задавалися завдяки операції розшивки вузлів із подальшим завданням шарнірів, відповідно вздовж несучого ригеля та вздовж в'язевих ригелів.

Другий варіант математичної моделі напружено-деформованого стану збірно-монолітного перекриття моделювався із використанням стержньових скінчених елементів, що моделюють бетонні шпонки, випущені в тіло плит перекриття. Отримані значення приведені в таблиці 1.

1. Результати розрахунків математичних моделей

№ п/п	Варіант №1	Значення	Варіант №2	Значення	%
1	Переміщення по z	54 мм	Переміщення по z	12 мм	78
2	Крутний момент M_k (ригель)	-1,15 т·м	Крутний момент M_k (ригель)	-4,89 т·м	77
3	Згинальний момент M_y (ригель)	-11,9 т·м	Згинальний момент M_y (ригель)	-24,9 т·м	52
4	Поперечна сила Q_z (ригель)	13,2 т	Поперечна сила Q_z (ригель)	24 т	45
5	Згинальний момент M_y (плита)	1,87 т·м	Згинальний момент M_y (плита)	2,63 т·м	29
5	Згинальний момент M_x (плита)	-1,63 т·м	Згинальний момент M_x (плита)	-4,47 т·м	64

Висновки:

1. Принципова скінчено-елементні моделі збірно-монолітного залізо-бетонного каркасу розроблена на прикладі конструктивної системи «Аркас» застосовано до можливостей програмного комплексу «Ліра 9.6». В основу моделі покладено принцип максимально близької відповідності фізичному прототипу по характеру роботи конструкцій та матеріалів як в граничній стадії, так і при рівні експлуатаційних (характеристичних) навантажень.

2. Скінчено-елементна модель дозволяє враховувати конструктивно-технологічні особливості збірно-монолітних каркасів та характер взаємодії сполучених елементів, особливо диску перекриття, при різних рівнях навантаження.

3. Порівняння даних щодо натурних досліджень фрагментів збірно-монолітного каркасу та ділянок перекриттів з результатами лінійно-пружного статичного розрахунку скінчено-елементної моделі та наступної оцінки міцності та жорсткості елементів збірно-монолітного перекриття засвідчує про достовірність отриманих в результаті розрахунку даних щодо напружено-деформованого стану конструкцій.

4. Скінчено-елементна модель дозволяє оцінити напружений стан елементів каркасу з достатнім ступенем точності при будь-якому рівні навантажень і може бути використана для аналізу поведінки будівлі в цілому, а також для розрахункового визначення стійкості до прогресуючого руйнування при аварійних впливах.